

Рентгеноструктурное определение рассогласования параметров решетки эпитаксиальной пленки и подложки

Гачковская Екатерина Викторовна

Макимова Е.М., Наухацкий И.А.

Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского

Физико-технический институт

Макимова Елена Михайловна, к.ф.-м.н.

katy2011g@gmail.com

Тонкие пленки играют важную роль в развитии современной техники и являются модельным объектом для изучения физико-химических свойств твердотельного состояния вещества, наиболее полно отражая его поверхностные свойства и реакционную способность. Особое место среди таких материалов занимают феррит-гранатовые пленки – синтезированные магнитные железосодержащие материалы, имеющие кубическую структуру граната с пространственной группой симметрии Ia3d.

В работе исследовались магнитные Bi-содержащие монокристаллические пленки ферритов-гранатов (Bi-МПФГ), выращенные методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава в Научно-исследовательском центре функциональных материалов и нанотехнологий Физико-технического института КФУ. Пленки ферритов-гранатов выращиваются на подложках диэлектрического монокристаллического галлий гадолиниевого граната (ГГГ) $Gd_3Ga_5O_{12}$ плоскостной кристаллографической ориентации (111) и параметром кристаллической решетки $a=12,3827 \text{ \AA}$.

Одним из критериев качества выращенной Bi-МПФГ пленки является величина абсолютного рассогласования величин параметров элементарных ячеек кристаллов пленки и подложки $\Delta a = a_{\text{подложки}} - a_{\text{пленки}}$.

Целью нашей работы было определение величины рассогласования Δa пленка–подложка с помощью рентгенодифракционного метода.

Структурные исследования проводились на дифрактометре рентгеновском общего назначения ДРОН-3 с использованием медного монохроматического излучения. Сканируя плоскость образцов рентгеновскими лучами в области рассчитанного брегговского угла (для отражения (888)) получаем дифрактограммы (рис.1) с пиками от пленки и подложки.

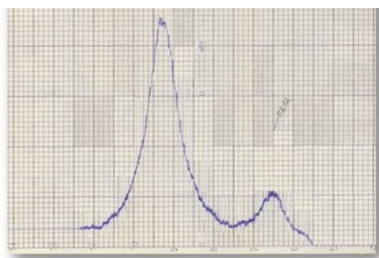


рис.1. Характерный вид дифрактограммы от эпитаксиальной пленки (образец № 3)

Установив угловое расположение пиков, по уравнению Вульфа-Брегга (1) устанавливаем межплоскостное расстояние d для пленки и подложки, затем по «квадратичной формуле» (2) определяем величину параметров элементарных ячеек пленки и подложки и, соответственно, величину рассогласования.

Основное уравнения рентгеноструктурного анализа (уравнение Вульфа-Брегга):

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (1)$$

где d – межплоскостное расстояние;

θ – Брегговский угол;

λ – длина волны рентгеновского излучения.

Формула связи параметра кубической кристаллической решетки a с величиной межплоскостного расстояния d и индексами интерференции (hkl) имеет вид:

$$a = d\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

Основные характеристики исследуемых образцов пленок представлены в таблице 1.

№ образца	Анизотропия	Состав	$h, \text{мкм}$	$T_{\text{роста}}, ^\circ\text{C}$	рассогласование $\Delta a, \text{\AA}$
1	Легкая плоскость	$(\text{YBi})_3(\text{FeAl})_5\text{O}_{12}$	7,1	789	0,028
2	Легкая плоскость	$(\text{YBi})_3(\text{FeAl})_5\text{O}_{12}$	8,0	780	0,018
3	Угловая фаза	$(\text{LuSmBi})_3(\text{FeGaGe})_5\text{O}_{12}$	7,5	725	-0,018
4	Угловая фаза	$(\text{LuSmBi})_3(\text{FeGaGe})_5\text{O}_{12}$	6,7	715	0,015
5	Угловая фаза	$(\text{LuSmBi})_3(\text{FeGaGe})_5\text{O}_{12}$	4,8	706	0,016
6	Угловая фаза	$(\text{BiLuCa})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	6	706	0,058

Пленка и подложка должны иметь достаточно близкие параметры решетки, чтобы пленка росла без растрескивания. Удовлетворительная для практического использования величина Δa в эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов составляет 0,01 - 0,02 Å. Видно, что четыре из шести исследованных пленки удовлетворяют этому требованию.

Исследование процесса формирования пленок сульфоиодида сурьмы методом квазизамкнутого объема

Дружинина Елизавета Сергеевна
Южный федеральный университет
Гармашов Сергей Иванович, к.ф.-м.н.
liza.druginina@rambler.ru

Сульфоиодид сурьмы (SbSI) интересен тем, что он одновременно обладает полупроводниковыми, пьезоэлектрическими и сегнетоэлектрическими свойствами. Его используют при разработке датчиков ИК излучения, приборов ночного видения, гидроакустических приборов, пьезодатчиков, биомедицинских датчиков, элементов памяти.

Получение пленок этого материала осложнено тем, что SbSI испаряется инконгруэнтно, разлагаясь на SbI_3 и Sb_2S_3 . Известен ряд методов для получения пленок SbSI: метод электроннолучевого и термического испарения, метод физического транспорта с использованием буферного слоя Sb_2S_3 , метод взрывного испарения, испарение импульсами лазерного излучения, метод квазизамкнутого объема.

Настоящая работа посвящена исследованию процесса получения пленок SbSI методом квазизамкнутого объема. Под квазизамкнутым объемом принято понимать такой объем, который не полностью изолирован от внешней среды, но в котором изменение плотности пара из-за его утечки в течение процесса осаждения практически отсутствует [1]. Метод квазизамкнутого объема (МКО) [1] предпочтителен тем, что осаждение испаряемого вещества происходит в условиях, близких к равновесным, а конструкция испарительной системы позволяет обеспечить легкую смену подложек и, следовательно, возможность получения многослойных пленок в одном цикле вакуумирования.

Впервые МКО для получения пленок SbSI был предложен в работе [2] и рассмотрен в дальнейшем в [3]. В настоящей работе предпринята попытка более тщательно подобрать температурный режим (температура источника и подложки, длительность процесса) для воспроизводимого получения пленок SbSI стехиометрического состава, используя с этой целью цифровую видеосъемку растущей пленки и непосредственно наблюдая за состоянием подложки в ходе эксперимента.

Используемая испарительная система находилась в рабочей камере вакуумного поста и представляла собой кварцевую трубку, расположенную на графитовом столике и накрытую сверху стеклянной подложкой. В столике имелись ячейки, в которые помещался порошок SbSI, синтезированный из водных растворов [4]. Нагрев столика осуществлялся галогенной лампой накаливания. Специальный подогрев подложки не применялся, её температура изменялась за счет теплопередачи через кварцевую трубку и контролировалась с помощью хромель-алюмелевой термопары. В связи с тем, что состав и качество пленки сильно зависят от температуры подложки, для контроля состояния конденсата на подложке была использована цифровая видеосъемка растущей пленки.

Эксперименты проводились при разных напряжениях на нагревательной лампе и длительностях процесса нагрева. При этом в каждом эксперименте масса порошка-источника была фиксирована и составляла